

**Studi Pengecoran Aluminium Dengan Metode Centrifugal Die
Casting Dan Centrifugal Invesment Casting Terhadap Struktur
mikro, Density, Porositas dan kekerasan**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

IMAM BAGAS PRAKOSO

NIM : D200160039

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**Studi Pengecoran Aluminium Dengan Metode Centrifugal Die
Casting Dan Centrifugal Investment Casting Terhadap Struktur
mikro, Density, Porositas dan kekerasan**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

IMAM BAGAS PRAKOSO

NIM : D200160039

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Patna Partono, S.T., MT.

HALAMAN PENGESAHAN

Studi Pengecoran Aluminium Dengan Metode Centrifugal Die Casting Dan Centrifugal Investment Casting Terhadap Struktur mikro, Density, Porositas dan kekerasan

oleh :

IMAM BAGAS PRAKOSO

NIM : D200160039

Telah diterima dan disahkan oleh Dewan Penguji Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin tanggal, 12 Juli 2021

Dewan Penguji :

1. Ketua : Patna Partono, S.T., M.T.

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Anggota 1 : Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Anggota 2 : Ir. Sunardi Wiyono, M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik,



Patna Partono, M.T., PhD., IPM.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak penuh terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 27 September 2021

Penulis



Imam Bagas Prakoso

D200160039

Studi Pengecoran Aluminium Dengan Metode Centrifugal Die Casting Dan Centrifugal Investment Casting Terhadap Density, porositas, Struktur Mikro dan Kekerasan

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan metode centrifugal die casting dan centrifugal investment casting terhadap komposisi kimia, density, porositas, struktur mikro dan kekerasan dengan bahan baku Aluminium dari piston bekas. Pada penelitian ini menggunakan metode centrifugal die casting dan centrifugal investment casting dengan temperatur tuang pada 750° C dan kecepatan putar motor centrifugal casting 700 rpm. Pengujian komposisi kimia menggunakan Emmision Spectrometry (ASTM E-1251). Perhitungan density dilakukan dengan menghitung massa dan volume hasil coran. Pengamatan porositas dilakukan dengan foto makro menggunakan mikroskop digital. Pengujian struktur mikro hasil coran menggunakan mikroskop metalografi (ASTM E3-11). Pengujian kekerasan menggunakan alat uji Vickers hardness tester (ASTM E-384). Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan material ini mengandung komposisi (Al) 71,05%, (Si) 13,65%, (Cu) 7,178%, (Ni) 0,9136%, (Fe) 3,4508% dan unsur-unsur lainnya., menurut standar ASTM B-85-03 diklasifikasikan kedalam Aluminium Al-Si (Aluminium – Silicon) A413.0. Hasil perhitungan density dan porositas pada centrifugal die casting mempunyai nilai density sebesar 2,6978 gr/cm³. Hasil pengamatan porositas bahwa jumlah porositas mempengaruhi nilai density. Hasil pengamatan struktur mikro terdiri dari fasa α (Al) dan fasa β (Si). Butiran fasa beta (Si) pada centrifugal investment casting terlihat lebih besar dan jumlahnya banyak. Kalo pada centrifugal die casting butiran fasa beta terlihat lebih kecil dan jumlah lebih sedikit. Besar, jumlah dan distribusi butiran beta mempengaruhi harga kekerasan. Hasil pengujian kekerasan dengan centrifugal investment casting memiliki nilai kekerasan sebesar 98,50 HVN, centrifugal die casting memiliki nilai kekerasan sebesar 104,75 HVN.

Kata kunci : Centrifugal Die Casting, Centrifugal Investment Casting, Aluminium, komposisi kimia, density, porositas, struktur mikro dan Kekerasan.

Abstract

This study aims to compare the methods of Centrifugal Die Casting and Centrifugal Investment Casting on the chemical composition of density, porosity, microstructure and hardness with aluminum as raw material from used pistons. In this study, using the Centrifugal Die Casting and Centrifugal Investment Casting methods with a pouring temperature of 750 ° C and a centrifugal casting motor rotational speed of 700 rpm. Chemical composition testing using Emmision Spectrometry (ASTM E-1251). Density calculation is done by calculating the mass and volume of the castings. Porosity observations were carried out with macro photos using a digital microscope. Testing of the microstructure of the castings using a metallographic microscope (ASTM E3-11). Hardness testing uses the Vickers hardness tester (ASTM E-384). The results of the chemical composition test show that this material contains the composition of (Al) 71.05%, (Si) 13.65%, (Cu) 7.178%, (Ni) 0.9136%, (Fe) 3.4508% and other elements. . others., according to the ASTM standard B-85-03 classified into Aluminum Al-Si (Aluminum - Silicon) A413.0. The density and porosity calculation results in the centrifugal die casting have a density value of 2.7054 gr / cm³, while for the centrifugal investment casting method it is 2.6978 gr / cm³. The results of porosity observations show that the amount of porosity affects the density value. The results of the microstructure observation consisted of α (Al) and β (Si) phases. The beta (Si) phase granules in investment casting centrifuges look bigger and bigger. If on a centrifugal die casting, the beta phase granules look smaller and the amount is less. Large, the number and distribution of beta grains affect the price of hardness. The results of the hardness tester with centrifugal investment casting with a hardness value of 98.50 HVN, centrifugal die casting has a hardness value of 104.75 HVN.

Keywords: Centrifugal Die Casting, Centrifugal Investment Casting, Aluminum, chemical composition, density, porosity, microstructure and hardness.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada era modern saat ini berkembang dengan sangat cepat, seiring berjalannya waktu yang bertujuan untuk membantu dan mempermudah pekerjaan manusia yang semakin kompleks. Dunia permesinan memiliki peran yang sangat penting dalam perkembangan teknologi yang ada saat ini. Banyak komponen-komponen mesin yang dibutuhkan memiliki kualitas dan ketelitian produk yang tinggi, oleh karena itu dibutuhkan proses-proses manufaktur yang tepat. Dalam hal ini pengecoran logam merupakan salah satu metode untuk menghasilkan suatu produk berkualitas tinggi.

Pengecoran logam merupakan salah satu metode dalam pembuatan suatu produk. Metode dalam pengecoran logam berkembang menjadi berbagai macam jenis seiring berjalannya waktu. Metode pengecoran ditinjau dari jenis cetakannya dapat digolongkan menjadi metode pengecoran logam cetakan tetap dan tidak tetap. Metode pengecoran logam cetakan tetap di antaranya metode high pressure die casting, low pressure die casting, squeeze casting, centrifugal casting dan gravity die casting, sedangkan metode pengecoran cetakan tidak tetap di antaranya adalah sand casting, investment casting dan lost foam casting.

Pengecoran sentrifugal (Die casting) adalah salah satu teknik pembuatan sebuah produk dimana bahan utamanya yakni logam yang dicairkan. setelah mengalami peleburan kemudian dituangkan pada sebuah cetakan rongga, sesuai dengan bentuk aslinya. Pengecoran sentrifugal memiliki banyak keuntungan misalnya operasional mudah, biaya rendah, fleksibilitas baik, mampu memenuhi kebutuhan untuk penguatan pada bagian tertentu saja dan menghasilkan produk dengan porositas yang rendah karena gas-gas yang terkandung dalam logam cair dapat keluar dengan pengaruh gaya sentrifugal. Tetapi pengecoran sentrifugal memiliki kelemahan yaitu distribusi ketebalan dan kepadatan coran yang cenderung tidak merata, segregasi dan struktur yang tidak homogen akibat laju pembekuan yang tidak seragam, permukaan bagian dalam yang kasar akibat udara yang terjebak di dalam cetakan dan sebagainya. Kelemahan ini mungkin dapat diatasi dengan mengatur beberapa parameter seperti laju putaran, sudut kemiringan cetakan, karakteristik material coran, temperature cetakan atau dengan memberikan perlakuan terhadap logam cair selama pengecoran (Sugiarto 2014:13).

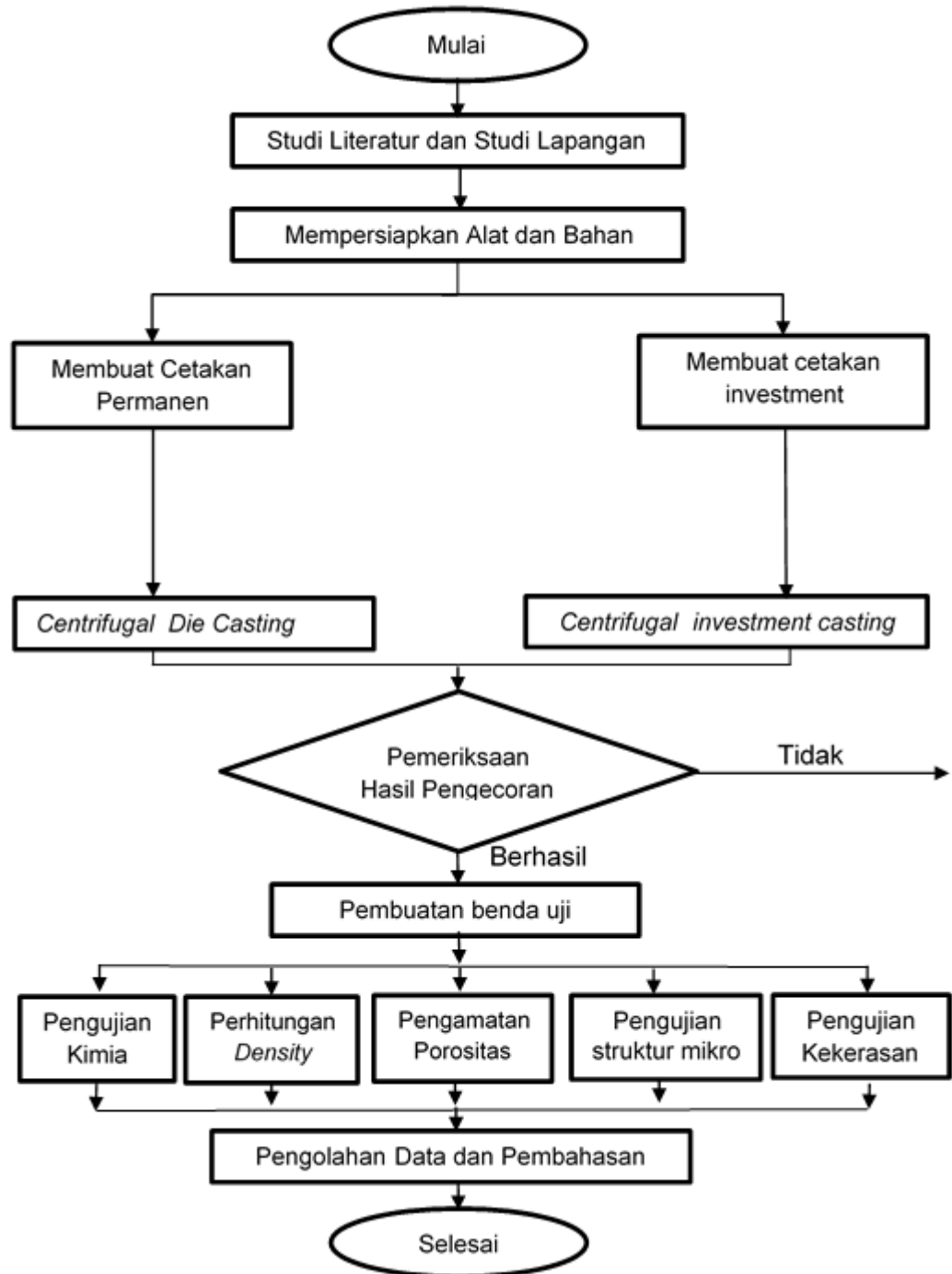
Investment casting yaitu jenis pengecoran yang polanya terbuat dari lilin (wax), dan cetakannya terbuat dari keramik. Dengan berkembangnya berbagai komponen yang memiliki bentuk yang semakin kompleks maka proses pengecoran menjadi cukup populer, karena dengan proses pengecoran maka komponen yang memerlukan bentuk dan dimensi yang rumit akan lebih mudah untuk dihasilkan. Pada dasarnya pengecoran merupakan suatu proses penuangan cairan logam yang telah terlebih dahulu diberi pola, hingga pada akhirnya logam cair yang dituang tersebut membeku dan dapat dibongkar atau dipindahkan dari cetakan tersebut.(Muhammad Arsyad, 2018).

Proses Investment Casting memiliki kelebihan yaitu cocok untuk memproduksi parts dengan desain yang kompleks, sedangkan proses lain terlalu lama dan / atau mahal atau tidak ada flash atau garis perpisahan. Jika tidak, teknologi casting investasi dan akurasi dimensi yang lebih sederhana lebih baik dari proses lainnya. Namun, casting investasi memiliki kelemahan dalam hal ini proses membutuhkan waktu siklus produksi yang lebih lama daripada proses lainnya (Diamond, 1965).

Piston yang merupakan salah satu komponen yang terbuat dari aluminium paduan harus mempunyai sifat-sifat yang sesuai dengan fungsinya sebagai pembawa tekanan dalam mentransfer energi ke poros engkol melalui batang piston dimana gerak lurus bolak-balik piston dirubah menjadi gerak putar oleh poros engkol. Di dalam silinder, piston selalu bergerak cepat akibat desakan dari gas pembakaran hal ini mengakibatkan piston selalu bersinggungan dengan gas bertekanan dan bertemperatur tinggi. Oleh karena itu piston dibuat dari aluminium paduan yang mengandung sekitar 98-94% Al, selain ringan juga memberikan pembuangan panas yang baik dibanding material lainnya, tetapi pada piston yang dibuat dari paduan aluminium mempunyai kelemahan dalam kekuatan dan pemuaian bentuk akibat dari suhu tinggi. Untuk itu diperlukan inovasi baru yang berkelanjutan pada aluminium paduan dengan penambahan unsur lain sehingga diperoleh aluminium paduan yang kuat sekaligus ringan. Unsur-unsur tersebut adalah tembaga (Cu), Nikel (Ni), Silikon (Si), Magnesium (Mg), Seng (Zn) dan Mangan (Mn) secara satu persatu ataupun bersamaan (Budiyono, 2012).

Dari uraian diatas, perlu kiranya untuk mengadakan penelitian terhadap Aluminium hasil dari variasi metode Centrifugal Die Casting dengan Centrifugal Investment Casting. Sehingga hasil dari penelitian tersebut dapat digunakan oleh industri sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode pengecoran serta dalam tujuan meningkatkan nilai ekonomis dari produk.

2. METODE PENELITIAN

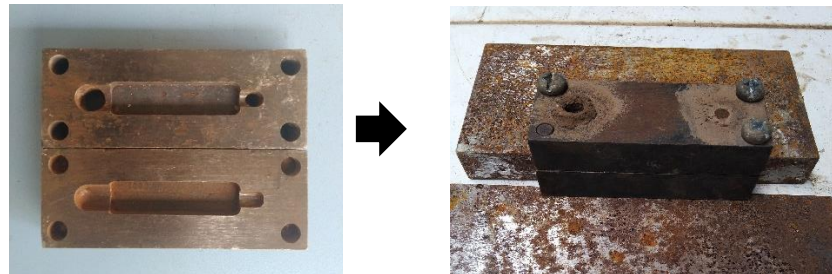


Gambar 1. Diagram Alir

2.1 Prosedur Penelitian

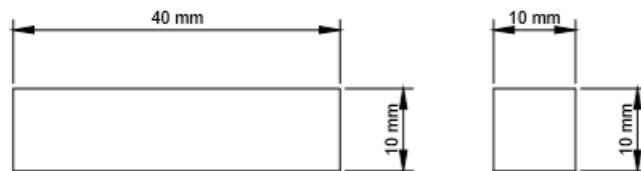
2.1.1 Pembuatan Alat dan Desain Pola

1. Pembuatan Alat



Gambar 2 Skema Alat Cetakan

2. Desain Pola



Gambar 3 Desain Pola Spesimen

3.4.2 Persiapan Centrifugal Casting

1. Mempersiapkan cetakan logam yang telah dipanaskan diatas kowi.
2. Memanaskan cetakan logam dengan cara meletakkan diatas tungku pelebur.



Gambar 4 Peletakan cetakan logam diatas tungku pelebur

3. Mempersiapkan mesin dinamo centrifugal yang telah dihubungkan dengan listrik.
4. Memasang cetakan permanen ke dudukan centrifugal casting.



Gambar 5 Pemasangan cetakan dengan dudukan

5. Menambahkan kawat yang dililitkan pada bagian cetakan permanen agar lebih kuat menahan putaran dan tidak geser saat proses pemutaran cetakan.



Gambar 6 Persiapan Centrifugal die casting

3.4.3 Persiapan Centrifugal Invesment Casting

1. Mempersiapkan lilin batangan
2. Mempersiapkan cetakan logam untuk membuat pola lilin
3. Kemudian mencairkan lilin



Gambar 7 Mencairkan lilin

4. Setelah lilin cair mengijekan cairan lilin ke pola tunggu hiingga padat
5. membuka cetakan logam lalu mengeluarkan lilin



Gambar 8 Pembongkaran lilin

6. menggabungkan saluran masuk dan keluar dengan part



Gambar 9 Hasil Cor (lakaran)

7. Menyiapkan gypsum lalu mengaduk hingga merata



Gambar 10 Adonan Gypsum

8. menuangkan adonan ke dalam toples berisi cetakan lilin



Gambar 11 Penuangan adonan gypsum kedalam cetakan

9. Menempatkan kompor dan oven ke dalam dapur , lalu mengoven cetakan gypsum hingga lilin meleleh membentuk pola
10. Mempersiapkan cetakan gypsum yang sudah jadi,kemudian dibaut agar lebih kuat menahan putaran dan tidak geser saat proses pemutaran cetakan



Gambar 12 Persiapan Centrifugal Investment Casting

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Setelah dilakukan proses pengecoran, maka perlu dilakukan uji komposisi kimia guna mengetahui komposisi unsur - unsur kimia yang terkandung dalam produk hasil cor. Pada pengujian ini dilakukan di laboratorium Material CV. Karya Hidup Sentosa. Dari hasil pengujian komposisi kimia diperoleh hasil data sebagai berikut:

Tabel 1 Hasil Uji Komposisi Kimia

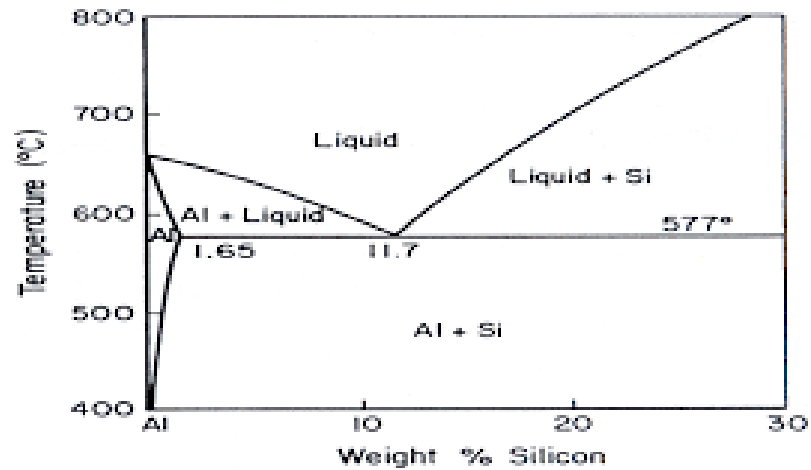
No	Unsur	Sampel Uji Kandungan (%)
1	Al	71,05

2	Cu	7,178
3	Si	1,365
4	Fe	3,4508
5	Zn	1,7870
6	Pb	1,2372
7	Ni	0,9136
8	Mn	0,2362
9	Sn	0,1972
10	Ti	0,1448
11	Cr	0,1016
12	Mg	0,0535

3.1.1 Pembahasan Komposisi Kimia

Menurut data tabel 4.1 yang ditampilkan diatas terdapat 12 unsur yang ada pada material ini. Pengaruh Silikon (Si) 13,65% mempunyai pengaruh baik yaitu memperbaiki sifat-sifat atau karakteristik coran, menurunkan penyusutan dan meningkatkan ketahanan korosi. Unsur Tembaga (Cu) 17,178% akan menghasilkan sifat keras dan kuat. Adanya unsur Nikel (Ni) 0,9136% mempunyai pengaruh penambahan kekerasan dan ketahanan panas pada Aluminium. Ditambah dengan unsur Fe 3,4508% menambah kekerasan pada Aluminium, namun juga mempunyai dampak menambah porositas.

Menurut kandungan yang ada diatas maka dapat diklasifikasikan kedalam jenis Aluminium - Silikon. Mengacu pada standar ASTM B85-03 Standard Specification for Aluminum-Alloy Die Casting Aluminum hampir mirip dengan jenis (Aluminium – Silicon) A413.0.Silicon) A413.0.



Gambar 13 Diagram fasa Al-Si

3.2 Hasil Perhitungan Density

Dalam perhitungan density dilakukan dengan cara mengukur volume spesimen menggunakan gelas ukur dan menimbang berat spesimen menggunakan timbangan digital untuk mengetahui massa dari spesimen. Kemudian nilai hasil pengukuran dimasukkan kedalam rumus density :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :

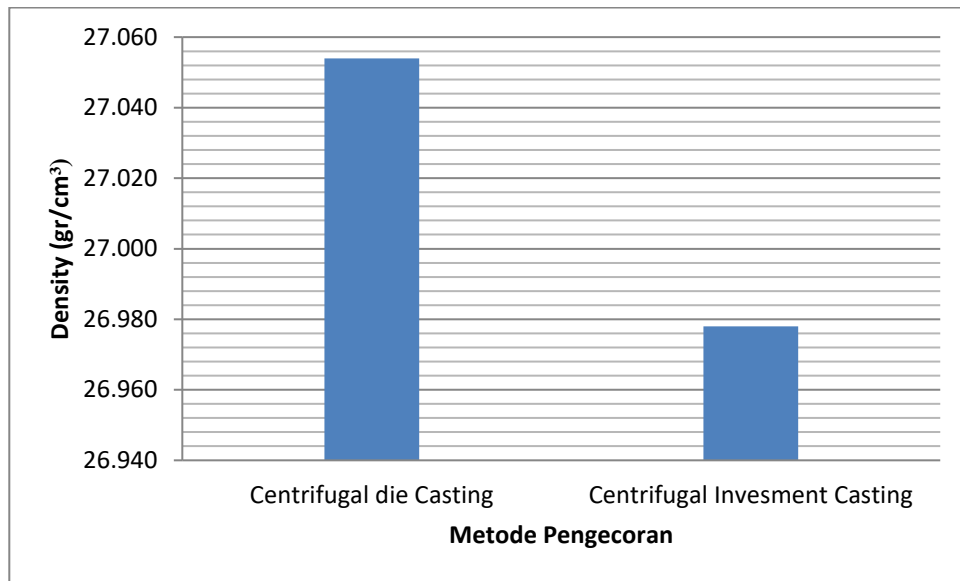
ρ = Density (gr/cm³)

m = massa (gr)

v = Volume (cm³)

Tabel 2 Density Produk Cor Alumunium

Variasi	Massa (gr)	Volume (cm ³)	Density (gr/cm ³)
<i>Centrifugal die Casting</i>	10,01	3,7	2,7054
<i>Centrifugal Investment Casting</i>	10,09	3,7	2,6978



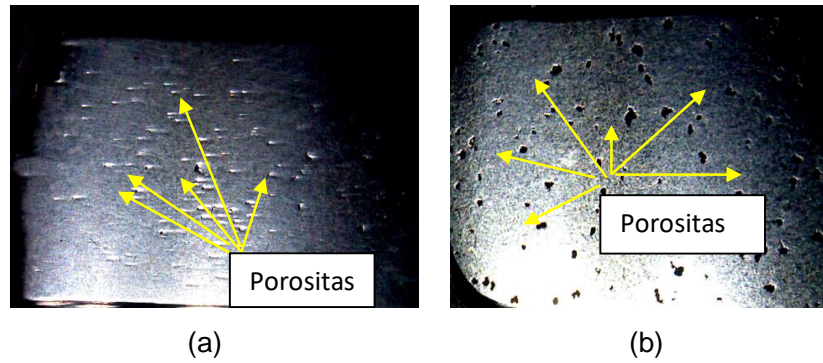
Gambar 14 Histogram Nilai Density

3.2.1 Hasil Pembahasan Nilai Density

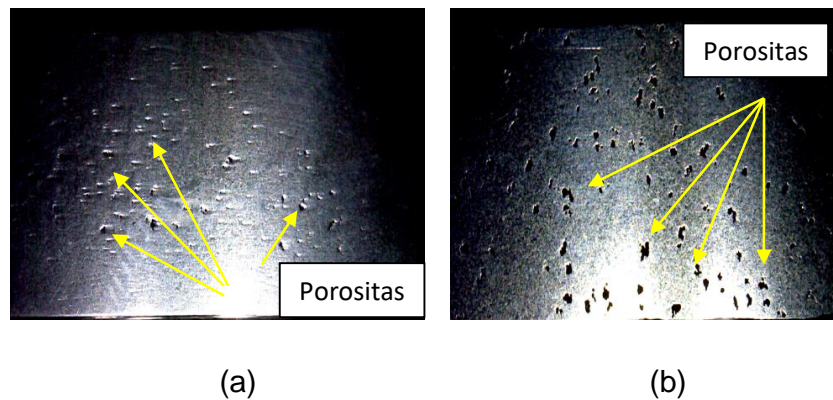
Berdasarkan gambar 14 metode pengecoran dengan variasi Centrifugal die casting mempunyai nilai density 2.7054 gr/cm³ lebih besar dibandingkan dengan centrifugal Invesment casting yang mempunyai nilai density 2.6978 gr/cm³. Ini dikarenakan adanya penekanan dari cetakan yang diputar yang membantu dalam proses pembekuan dan terjadinya pemadatan didalam cetakan. Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar density maka semakin sedikit porositasnya, dan semakin kecil density maka porositas semakin tinggi.

3.3 Hasil Pengamatan Porositas

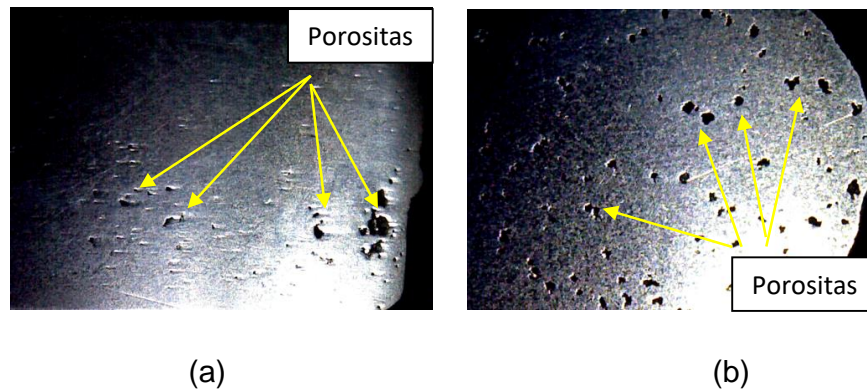
Pengamatan ini dilakukan dengan foto makro menggunakan microscope digital dan dilakukan perbandingan hasil dari setiap variasi cetakan. Hasilnya sebagai berikut :



Gambar 15 Foto Makro Pengamatan Porositas (a) Metode Centrifugal Die Casting dan (b) Metode Centrifugal Investment Casting bagian depan



Gambar 16 Foto Makro Pengamatan Porositas (a) Metode Centrifugal Die Casting dan (b) Metode Centrifugal Investment Casting bagian tengah



Gambar 17 Foto Makro Pengamatan Porositas (a) Metode Centrifugal Die Casting dan (b) Metode Centrifugal Investment Casting bagian belakang

3.3.1 Pembahasan Pengamatan Porositas

Berdasarkan gambar 15, 16, 17. menunjukkan bahwa metode Centrifugal Die casting mempunyai sedikit porositasnya dibanding Centrifugal investment casting. hal ini terjadi karena adanya gypsum yang masuk kedalam proses penuangan Centrifugal investment casting. Centrifugal die casting mempunyai porositas lebih sedikit dan permukaan yang lebih halus, Hal ini dikarenakan cetakan yang digunakan terbuat dari besi, membuat tidak adanya material yang ikut kedalam pengecoran dan besarnya nilai density membuktikan bahwa nilai density berpengaruh pada bagian dalam produk coran (porositas). Hal ini dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar nilai density sebuah material maka porositasnya semakin sedikit.

3.4 Hasil Pengamatan Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium bahan teknik departemen teknik mesin sekolah vokasi UNIVERSITAS GADJAH MADA (UGM) menggunakan metode Portable Hardness Vickers dengan standart ASTM E384-11 sehingga menghasilkan nilai kekerasan dengan pembebanan yang diberikan sebesar 20kgf

Tabel 4. 3 Nilai Kekerasan Produk Cor

Tabel 3 Nilai Kekerasan Produk Cor

Variasi	Titik uji	D rata-rata (mm)	Kekerasan VHN	HVN rata – Rata (HVN)
<i>Centrifugal die casting</i>	Depan	0,60	104,74	104,75
	Tengah	0,59	106,52	
	Belakang	0,60	103,00	
<i>Centrifugal investment casting</i>	Depan	0,60	104,74	98,50
	Tengah	0,60	103,00	
	Belakang	0,65	87,76	

3.4.1 Pembahasan pengamatan Kekerasan

Berdasarkan gambar 15 metode pengecoran dengan centrifugal investment casting memiliki nilai kekerasan sebesar 98,50 HVN, metode pengecoran centrifugal die casting memiliki nilai kekerasan sebesar 104,75 HVN. Dari data tersebut menunjukkan bahwa metode pengecoran berpengaruh pada nilai kekerasan pada produk cor Aluminium. Nilai kekerasan diperkirakan dapat mengetahui gambaran tentang ukuran, distribusi dan kerapatan dari fasa β pada produk cor Aluminium. Semakin tinggi nilai kekerasan maka akan semakin kecil ukuran fasa β , dengan persebaran yang merata dan rapat.

Unsur yang berpengaruh pada besarnya nilai kekerasan yaitu Si, Cu, Fe, Zn. Pada buku ASM vol. 2 Properties and Selection : Non Ferrous and Special – Purpose Material, Aluminium C443.0 mempunyai nilai kekerasan 65 HB yang setara dengan 69 HVN. Pada penelitian ini nilai dari kekerasan yang dihasilkan sudah melampaui dari standar yang ada. Hal ini dibuktikan dengan penelitian terdahulu dengan peneliti Helmy Purwanto dkk (2011)

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil Pengujian Komposisi kimia ditemukan unsur kimia berupa (Al) 71,05%, (Si) 13,65%, (Cu) 7,178%, (Ni) 0,9136%, (Fe) 3,4508% dan unsur-unsur lainnya. Dari hasil pengujian tersebut material ini diklasifikasikan kedalam Aluminium Al-Si (Aluminium – Silicon) 443.0 dan termasuk logam paduan cor Al-Si (seri 4xx.x).
2. Hasil pengujian Centrifugal die casting mempunyai nilai 2,7054 gr/cm³, Centrifugal investment casting memiliki density 2,6978 gr/cm³. hasil pengamatan porositas Centrifugal investment casting terlihat lebih banyak dibanding Centrifugal die casting. hal ini dapat disimpulkan bahwa porositas mempengaruhi nilai density, semakin sedikit porositas maka nilai density semakin besar.
3. Hasil pengamatan struktur mikro terdiri dari fasa α (Al) dan fasa β (Si). Dapat dilihat bahwa Centrifugal Investment casting memiliki fasa β (Si) yang lebih renggang dan berbentuk lebih besar, pada Centrifugal die casting terlihat fasa β (Si) lebih padat dan lebih merata. Hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh nilai kekerasan terhadap ukuran, distribusi dan kerapatan pada fasa β (Si).
4. Hasil pengujian kekerasan dengan Centrifugal Investment casting memiliki nilai kekerasan sebesar 98,50 HVN, Centrifugal die casting memiliki nilai kekerasan sebesar 104,75 HVN. Dari data tersebut menunjukkan bahwa metode pengecoran berpengaruh pada nilai kekerasan pada produk cor Aluminium.

4.2 Saran

Penelitian yang dilakukan adalah *brazing* antara aluminium seri 6061 dengan baja dengan metode torch *brazing* menggunakan *filler* ER 4043 dengan ketebalan *base metal* 6 mm penulis menyarankan :

1. Sebelum melakukan penelitian, perbanyak pembelajaran yang mendetail mengenai dasar-dasar teknik pengecoran logam Centrifugal die casting dan Centrifugal Investment Casting dengan referensi yang mendukung.
2. Membuat alat Centrifugal Die Casting dan Centrifugal Investment casting yang lebih efisien agar dapat mudah dalam membongkar cetakan.
3. Merancang cetakan lilin dengan baik agar saat membuat pola lilin meminimalisir kegagalan.
4. Membuat cetakan gypsum agar lebih efisien sehingga dapat dipakai berulang – ulang
5. Desain cetakan harus diperhatikan agar meminimalisir kegagalan saat proses pengecoran.
6. Persiapkan alat maupun bahan sebelum melakukan proses pengecoran guna mendapatkan hasil yang baik dan waktu yang efektif.
7. Saat melakukan pengecoran menggunakan alat Keselamatan Kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Avner, S, H, 1974, Introduction to physical metallurgy (Vol. 2, pp. 481-497), New York: McGraw-hill.
- Beeley, 2001, Cacat Coran dan Pencegahannya, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Negri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Budiyono, A, 2012, Peningkatan Sifat Mekanis Aluminium Bekas Yang Didaur Ulang Melalui Inokulasi Unsur Tembaga, Jurnal Sains dan Teknologi, 12-22.
- Callister, W, D, 2001, Fundamentals of Materials Science and Engineering, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah.
- Diamond, H, 1965, Investment Casting, A Manufacturing Possibility for Elberton, Georgia Institute of Technology, Georgia.
- Faisol, Moh, 2018. Rancang Bangun Mesin Centrifugal Casting Horizontal Untuk Pengecoran Aluminium Skala Laboratorium, Universitas 17 Agustus 1945, Surabaya.

- Giancoli, D, C 2005, Physics : Principles with Application. Sixth edition, London : Prentice Hall International, Inc.
- Ghofur, A, 2017, Studi Sifat Mekanis Dan Fisis Daur Ulang Paduan Aluminium Silicon (Al-19% Si) Melalui Proses High Pressure Die Casting (Hpdc) Dan Gravity Casting (Gc), Universitas Muria Kudus, kudus.
- Harrianda, Hudaya, 2016, Studi Pengaruh Silicone Rubber Dan Temperatur Tuang Lilin Terhadap Kualitas Pola Lilin Pada Investment Casting, Universitas Riau, Riau.
- Irawan, Y, S, 2013, Material Teknik, Universitas Brawijaya, Malang.
- Lorraine, F, Francis, 2016, Chapter 6-Dispersion and Solution Processes, Materials Processing.
- Muhammad, Arsyad, 2018, Rancang Bangun Aplikasi perhitungan Sistem Saluran Pada Pengecoran Logam, Teknik Mesin Produksi, Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin.
- Permana Eka Galang, 2020, Studi Pengaruh Metode Pengecoran Terhadap Density, Porositas, Kekerasan dan Struktur Mikro, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Putra Leo Rendiana dan ifra'I Mochamad Arif, 2019, Pengaruh Kecepatan Putar Mesin Centrifugal Casting Pada Proses Pengecoran Aluminium Terhadap Kekerasan dan Porositas, Jurnal Teknik Mesin, 7(1), Surakarta.
- Rahmawan, Hafidz Dienur, 2017, Pengaruh Putaran Pada Cetakan Pengecoran Aluminium Dengan Metode Horizontal Centrifugal Casting Terhadap Cacat Coran, Kekerasan Dan Struktur Mikro, Jurnal Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Santoso, Nugroho, dkk, 2015, Variasi Perubahan Putaran Pada Pengecoran Aluminium Bentuk Puli Dengan Metode Centrifugal Casting Terhadap Peningkatan Kekuatan Mekanik. Jurnal Material Teknologi Proses (ISSN: 2477 - 2135), Volume 1, Hal 1, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sugiarto, T, Obandonono, 2014, Analisis Distribusi Ketebalan dan Kekerasan Hasil Coran Sentrifugal Aluminium paduan (Al-Si-Mg) Akibat Perubahan Laju Putaran dan Kemiringan Sumbu Cetakan, Journal Of Environtmental Engineering & Sustainable Technology, 1/1: 13-20, Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Surdia, Tata & Saito, Shinroku, 1992, Pengetahuan Bahan Teknik, (edisi kedua), Jakarta:Pradnya Paramita, Jakarta.
- Surdia, T., Chijiwa, K., 2000, Teknik Pengecoran Logam, Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sesmaro, Max, Yuda, dkk, 2016, Perancangan Sistem Saluran Cetakan Permanen Pada Logam Aluminium CC401 Dengan Penuangan Gravity Die Casting. Jurnal Kajian Ilmiah, 16(3), 235-244, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta.
- Tjitro, S, & Firdaus, F, 2000, Pengecoran Squeeze, Jurnal Teknik Mesin, 2(2), 109-113, Jurnal Teknik mesin, Politeknik Negri Sriwijaya, Sumatera Selatan.